

La sismique tridimensionnelle, un outil géologique pour l'analyse tectonique géomorphologique et sédimentologique

Autor(en): **Reymond, Benoît / Stampfli, Gérard**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **83 (1994-1995)**

Heft 1

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-280517>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.



La sismique tridimensionnelle, un outil géologique pour l'analyse tectonique, géomorphologique et sédimentologique

par

Benoît REYMOND¹ et Gérard STAMPFLI¹

Abstract.—REYMOND B., STAMPFLI G., 1994. Three-dimensional seismic reflection: a geological tool for tectonic, paleogeomorphic and sedimentary analysis. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 83.1: 17-36.

The geological interpretation of three-dimensional seismic data provides new tools for the underground investigation, both of onshore and offshore regions. The high vertical resolution and the possibility of horizontal display of geological features allow to enhance geological objects with a size inferior to 10 m. Fine tectonic analysis are done from isochrone maps obtained from interpretation of a continuous reflector. Morphology of ancient discontinuities can be reconstructed in three dimensions. Lateral variations in seismic facies (acoustic impedance) along a discontinuity provide direct information on lithology (amplitude maps). In a clastic shelf environment (Gulf of Mexico), it is possible, through amplitude maps, to characterize and recognize each systems tract constituting a third order stratigraphic sequence.

Key words: Three-dimensional seismic data, geological interpretation of reflection seismic data, fine tectonic analysis, palaeo-morphology, sequence stratigraphy.

Résumé.—REYMOND B., STAMPFLI G., 1994. La sismique tridimensionnelle, un outil géologique pour l'analyse tectonique géomorphologique et sédimentologique. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 83.1: 17-36.

L'interprétation géologique de données sismiques tridimensionnelles procure de nouveaux moyens d'investigation du sous-sol, tant en zones continentale que marine. La haute résolution verticale ainsi que la possibilité de représenter des structures géologiques dans le plan horizontal permettent de mettre en évidence des objets de taille inférieure à 10 m. Des analyses tectoniques fines sont réalisées sur la base de cartes d'isochrones obtenues par l'interprétation d'un réflecteur donné. La morphologie d'une ancienne surface érosive peut être reconstituée en trois dimensions. Les différences de faciès sismiques (impédance acoustique) le long de ces discontinuités donnent une information directe sur les variations latérales de lithologie (cartes d'amplitude). Dans un

¹Institut de géologie, Université de Lausanne, BFSH-2, CH-1015 Lausanne

milieu de plate-forme détritique (exemple du Golfe du Mexique), il est possible de caractériser et de reconnaître chaque cortège sédimentaire composant une séquence sédimentaire de troisième ordre.

Mots-clés: sismique réflexion tridimensionnelle, interprétation géologique de données sismiques, analyse tectonique fine, paléo-morphologie, stratigraphie séquentielle.

INTRODUCTION

Depuis le début des années 80 la sismique tridimensionnelle (3D) a été utilisée principalement pour résoudre les problèmes liés à l'exploitation des champs pétrolifères. Bien que relativement plus coûteuse que la sismique de réflexion conventionnelle, elle a cependant commencé à être aussi utilisée pour l'exploration d'hydrocarbures et le sera certainement de plus en plus. La sismique 3D permet d'obtenir une vue de la subsurface qui n'a rien à voir avec celle que l'on peut se faire à partir des sections 2D. Elle permet de recréer des paléosurfaces géologiques et améliore ainsi considérablement la résolution physique de la méthode grâce à l'extrapolation visuelle que l'on peut faire sur ces surfaces. Ainsi l'alignement d'informations ténues et pas nécessairement continues pourra facilement être interprété en tant que fracture ou chenal de rivière par le géologue «interpréteur» qui se référera pour cela à ses connaissances d'images similaires en plan. Ces informations seront généralement invisibles ou ininterprétables sur les sections verticales.

Les quelques exemples qui suivent permettront au lecteur de se faire une idée de l'application de la sismique 3D à des problèmes fort divers, allant de l'analyse des fractures à celle des cycles eustatiques en passant par la géomorphologie.

1. ANALYSE TECTONIQUE

Une première chose que la sismique 3D permet de faire parfaitement est l'élaboration de cartes d'isochrones ou de profondeur, d'un horizon donné (fig. 1.b). La haute densité d'informations de la sismique 3D supprime le problème de la corrélation des failles d'une section à une autre. De même, le problème de fausse corrélation d'un horizon de part et d'autre d'une faille se trouve limité mais non supprimé. Donc, grâce à la sismique 3D on arrive à une image presque parfaite des structures du sous-sol, ce qui permet aussi de produire des cartes précises d'isopaques ou de variations d'épaisseur entre les horizons. On peut aussi faire une analyse beaucoup plus fine des surfaces ainsi créées. Une méthode consiste à faire une analyse de l'azimut du pendage et de la valeur du pendage (DALLEY *et al.* 1989). La figure 1 reprend les images obtenues par ces auteurs sur une structure de la Mer du Nord sous forme d'interprétation des fractures ainsi mises en évidence. On voit que la méthode de l'azimut fait le mieux ressortir les fractures alors que la pure cartographie de l'horizon (isochrones) ne met en évidence que quelques failles normales importantes. L'analyse du pendage fait ressortir quelques fractures parallèles à l'axe de l'anticlinal que l'azimut ne met pas en évidence. Les fractures de la partie nord surtout sont du type conjugué, liées au champ de contrainte compressif qui a mené à la formation du pli. D'autres fractures synthétiques aux failles

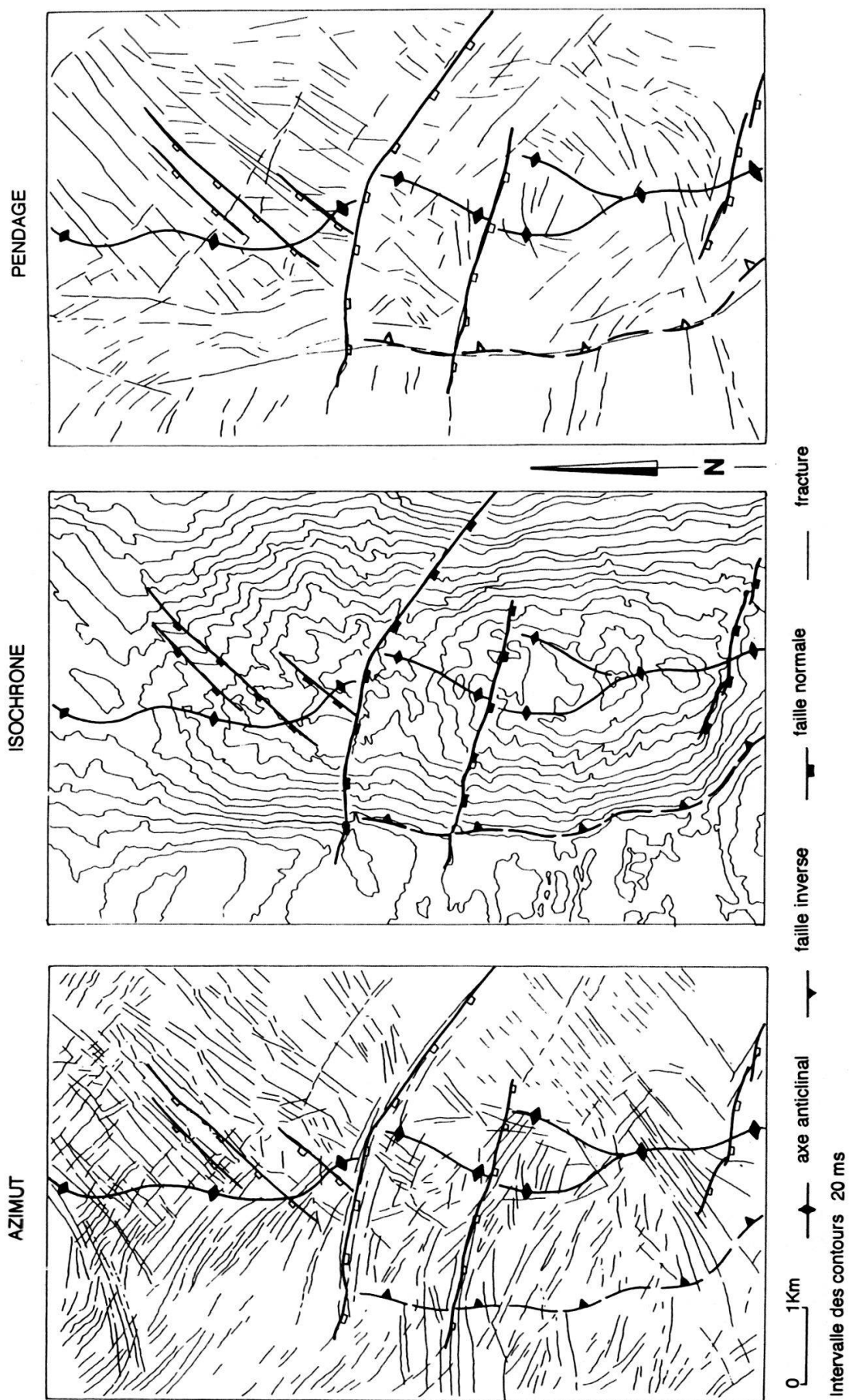


Figure 1.—Interprétations d'une structure anticlinale dans la Mer du Nord.
 (a) Azimut. (b) Isochrone. (c) Pendage.

majeures sont liées à un champ de contrainte extensif post-plissement. De manière générale l'espacement entre ces fractures est de 50 à 100 m et celles-ci seraient indécélables sur la seule base de sections sismique. L'alignement des fractures à 45° par rapport à l'orientation des données sismiques permet d'exclure tout artefact géophysique ou d'interprétation.

2. ANALYSE GÉOMORPHOLOGIQUE

Il peut être relativement aisé de reconnaître une surface érosive de grande ampleur sur des sections sismiques conventionnelles, mais il est généralement impossible de reconstruire cette surface. L'exemple de la figure 2, repris de STAMPFLI et HÖCKER (1989), montre une surface érosive messinienne dans le delta de l'Ebre (Espagne), cartographiée sur la base de sismique 3D. Cette cartographie fait ressortir parfaitement le caractère continental de cette érosion et permet de confirmer la dessiccation de la Méditerranée à cette époque (une vue 3D de cette surface a été reprise dans le «National Geographic Magazine» v.176/2 de 1989).

En plus de la seule cartographie de cette surface, les auteurs ont aussi utilisé un autre outil très performant qui est l'extraction d'amplitude le long d'un réflecteur ou d'un horizon donné (voir détails plus loin). Cette méthode permet de faire ressortir des contrastes latéraux d'impédance acoustique, donc de lithologie qui, sur la base de ces cartes, peuvent être interprétés en tant que figures sédimentaires. Les parties noires de la figure 2 représentent les zones d'amplitude positive maximum le long de cette surface érosive messinienne. On voit très nettement que ces anomalies d'amplitude suivent le fond des vallées et correspondent vraisemblablement à des dépôts fluviatiles indurés, dépôts ayant été traversés par un forage dans cette région.

On voit aussi que les rivières suivent un système de fractures conjuguées orientées E-W et NNW-SSE, peut-être associé à l'ouverture du bassin Nord Baléares.

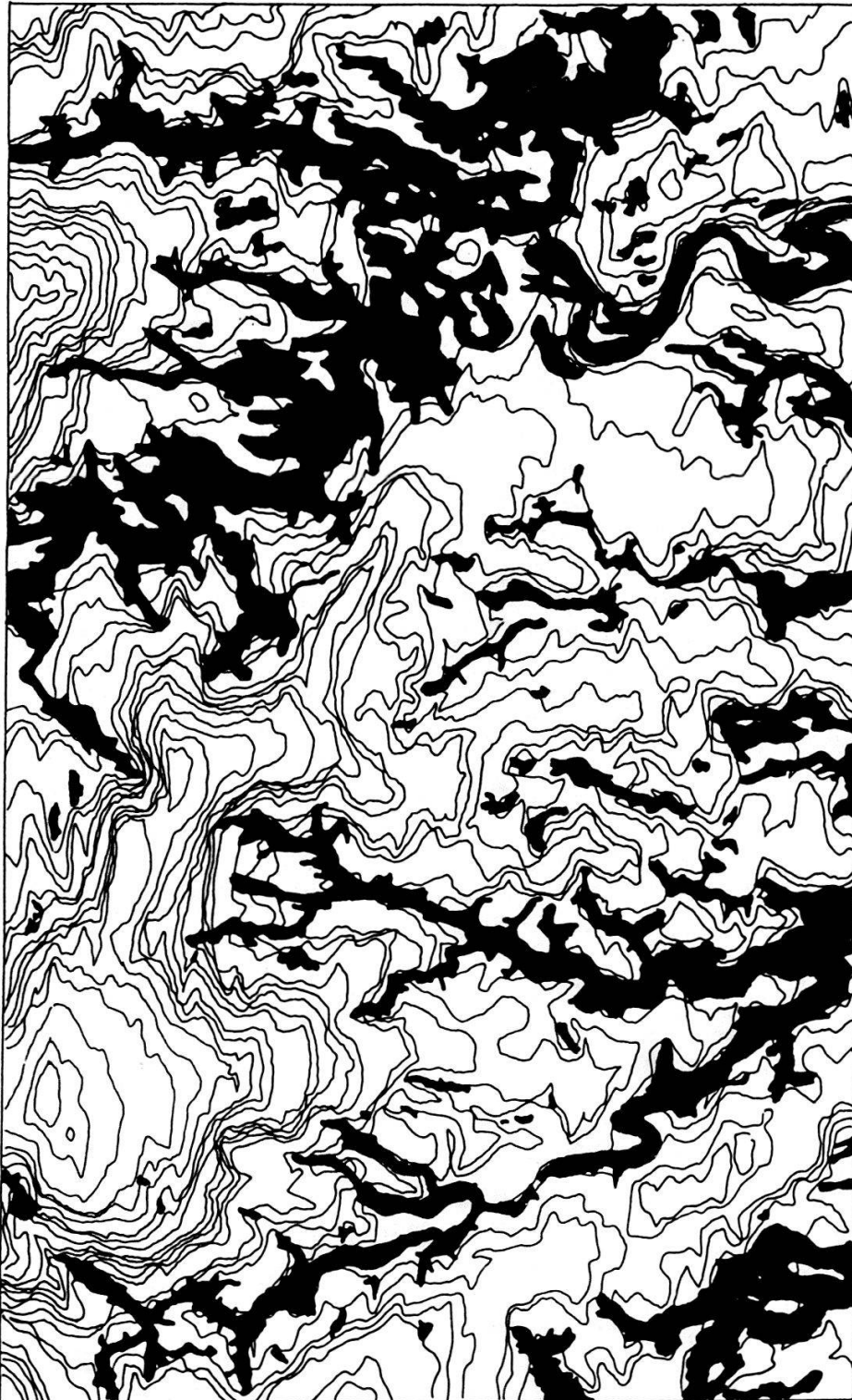
On peut aussi spéculer sur le possible phénomène de capture dans le haut de la figure 2, où la rivière aux forts méandres en haut à droite aurait capturé la rivière principale E-W par érosion régressive.

3. STRATIGRAPHIE SÉQUENTIELLE ET SISMIQUE TRIDIMENSIONNELLE

3.1. *Reconstruction de paléosurfaces de sédimentation (Néogène, Golfe du Mexique)*

3.1.1. *Introduction et cadre géologique*

Depuis la découverte du premier champ de pétrole associé à un dôme de sel (Spindletop) dans le sud du Texas en 1901 (MURRAY and RAHMAN 1985), une multitude de publications et de rapports confidentiels ont été produits à propos de la géologie de la marge nord du Golfe du Mexique (NB: le terme de «Golfe» sera parfois utilisé au lieu de «Golfe du Mexique»). Pourtant, les origines de sa formation restent sujettes à controverses. Les très importants volumes d'évaporites qui caractérisent le Golfe, maintenant presque totale-



intervalle des contours 10 ms

0km 2



Figure 2.—Paléomorphologie d'une surface érosive messinienne au large du delta de l'Ebre (Espagne). Mise en évidence de faciès sismiques similaires dans les dépressions, interprétés comme remplissages fluviaux (contours de profondeur-temps en millisecondes).

ment en position allochtone (WU *et al.* 1990), se sont accumulés principalement durant le Jurassique moyen et supérieur (Callovien-Oxfordien). L'épaisseur de ces évaporites est estimée entre 2000 et 5000 m et elles se trouvent maintenant réparties en deux provinces salifères (Yucatán au sud et Louann au nord). La partie centrale du Golfe (*Sigsbee abyssal plain*) est apparemment dépourvue de sel autochtone et pourrait comporter à sa base de la croûte océanique ayant séparés les 2 provinces salifères (HUMPHRIS 1978).

Dès le début du Tertiaire, la marge nord du Golfe du Mexique est stable et reçoit une sédimentation volumineuse presque entièrement détritique provoquant d'importants déplacements des masses de sel sous-jacentes. L'épaisseur cumulée des dépocentres du Tertiaire avoisine 16 km (MCGOCKEY 1975).

Une migration latérale des centres majeurs de sédimentation couplée à d'importants déplacements d'avance et de recul des cortèges sédimentaires formant chaque série vont être les agents moteurs et directeurs des mouvements des masses d'évaporites. Ces migrations de matériel en profondeur créent à leur tour des dépressions réorientant ou déviant la sédimentation en cours. Ces phénomènes s'observent à grande échelle, tout comme à l'échelle plus restreinte de la migration latérale de lobes de deltas kilométriques s'installant dans des dépressions au sein de systèmes de failles arquées synsédimentaires (failles listriques), comme au large de la Louisiane (fig. 3).

De nombreuses études récentes portent sur les relations sédimentation-variations eustatiques dans les dépôts actuels de la plate-forme détritique du Golfe du Mexique (BERRYHILL 1987, ANDERSON *et al.* 1990, BARTEK *et al.* 1990, SAXENA 1990, ABDULAH and ANDERSON 1991). En combinant les informations eustatiques sur la base des courbes des isotopes stables de l'oxygène avec les données sédimentologiques obtenues par la sismique réflexion de haute résolution, il est possible d'identifier les cortèges sédimentaires de haut et bas niveau marin jusqu'à environ - 500'000 ans. En dessous d'une épaisseur de sédiments de plus de 200 m, la sismique de haute résolution ne peut plus être utilisée et la résolution verticale des courbes de l'oxygène diminue, ce qui rend difficile l'observation détaillée de ces cycles en profondeur.

La sismique tridimensionnelle permet d'étendre au delà des zones superficielles l'observation systématique des relations entre les variations eustatiques relatives et le mode de sédimentation.

3.1.2. Données à disposition et méthode de travail

Cette étude a été réalisée à l'Institut de géologie et paléontologie de l'Université de Lausanne qui est équipé, depuis 1989, d'une station d'interprétation sismique de type CHARISMA S™ (Schlumberger-Geoquest).

Le cube de données sismiques 3D (fourni par Geco, Londres) est localisé à 40 km au sud du Lac Sabine (frontière entre la Louisiane et le Texas (fig. 3). Sa surface est d'environ 225 km² atteignant une profondeur de 7 à 8 km (5 secondes, temps double). Les sédiments étudiés les plus anciens sont datés du milieu du Miocène inférieur, sur la base des assemblages de faune obtenus par forages. Une ligne sismique nord/sud traversant nos données (Prof. A.W. Bally, TGS-Geco/Houston, fig. 3) permet de préciser la structure de la zone d'étude et ses relations avec les mouvements des masses de sel sous-jacentes.

L'interprétation de la sismique 3D sur la base des principes de la stratigraphie séquentielle intègre l'analyse des données de sismique verticale (2 D).



Figure 3.—Marge nord du Golfe du Mexique central, au large de la Louisiane. Localisation de la zone étudiée sur une reconstitution du paléorelief érosif du Wisconsinien (Riss) par la sismique de haute résolution (modifié d'après BERRYHILL 1987).

des cartes horizontales de sismique 3D, ainsi que des données de diagraphies (REYMOND and STAMPFLI 1994). Nous indiquons ci-dessous les points majeurs de la démarche suivie; il s'agit d'une extension des concepts proposés par VAIL and WORNARDT (1991) appliqués à la sismique tridimensionnelle.

Tout d'abord, la structure régionale a été reconnue à l'aide des profils sismiques à l'échelle de la plate-forme. Une première identification des séquences sédimentaires (VAIL *et al.* 1977) est obtenue par l'interprétation des surfaces érosives dans les zones de plate-forme, par la localisation de la rupture de pente continentale aux différentes époques, ainsi que par l'extension verticale et horizontale des cortèges sédimentaires progradants. L'identification de ces différents corps sédimentaires est obtenue par la reconnaissance des ensembles de signaux sismiques caractéristiques de chaque cortège sédimentaire (MITCHUM *et al.* 1977). Notons qu'à l'échelle d'un bassin, une limite de séquence (bas niveau marin) est un événement diachrone, alors que les dépôts de surface d'inondation maximale (haut niveau marin relatif) peuvent être considérés comme synchrones.

La phase suivante consiste en une interprétation lithologique des courbes de diagraphies (potentiel spontané, gamma ray, résistivité électrique, neutrons/densité) afin de définir les pourcentages en sable/silt/argile, et les variations de porosité. L'interprétation en terme de séquence se base sur l'interprétation de la morphologie des courbes de diagraphies («Arbre de Noël», fig. 4). Après avoir défini les tendances transgressives et régressives majeures et identifié les périodes d'ennoyement maximum (argilite), il est possible de situer les limites de séquences. La datation des séquences est réalisée à des niveaux condensés comportant des faunes riches et variées (fig. 4). Le transfert des informations lithologiques et séquentielles des forages aux données sismiques 2D et 3D s'effectue par l'intermédiaire de logs synthétiques. Chaque réflecteur a été interprété sur la totalité des lignes sismiques à disposition. Le cube de données étudié se compose de 590 lignes nord/sud d'une longueur de 15 km chacune ce qui implique une interprétation sur une longueur totale de plus de 8000 km de profil, pour un seul horizon. Cette tâche est grandement allégée par les procédés d'interprétation semi-automatiques disponibles sur les stations d'interprétation. La cartographie d'un réflecteur permet d'obtenir une carte d'isochrones ou de profondeur en temps de cet horizon (fig. 5).

Les variations latérales de l'amplitude du signal sismique enregistrées le long de cette surface isochrone sont directement fonction des variations du contraste de lithologie à cet interface. La lecture de cette valeur d'amplitude sur la totalité de la surface cartographiée est appelée carte d'amplitude (fig. 6). Elle constitue l'expression de la quatrième dimension géologique (vecteur amplitude en un point de coordonnées X, Y, Z). Ce procédé permet de mettre en évidence des objets géologiques de taille inférieure à la résolution produite par une ligne sismique verticale, de par leur continuité latérale. Rivières, chenaux de marées, barres sableuses, lobes frontaux de deltas, embouchures ou estuaires seront alors détectables. Il est possible d'augmenter encore la résolution verticale des données sismiques en prenant un pas d'échantillonnage vertical de 1 ms ou en compressant l'échelle de couleur pour faire apparaître de subtiles variations latérales de faciès sismique.

Le pas d'échantillonnage vertical d'une trace sismique pour de telles données étant de 4 ms, il est possible de suivre l'évolution verticale et latérale de chacun de ces corps sédimentaires le long de niveaux espacés verticalement

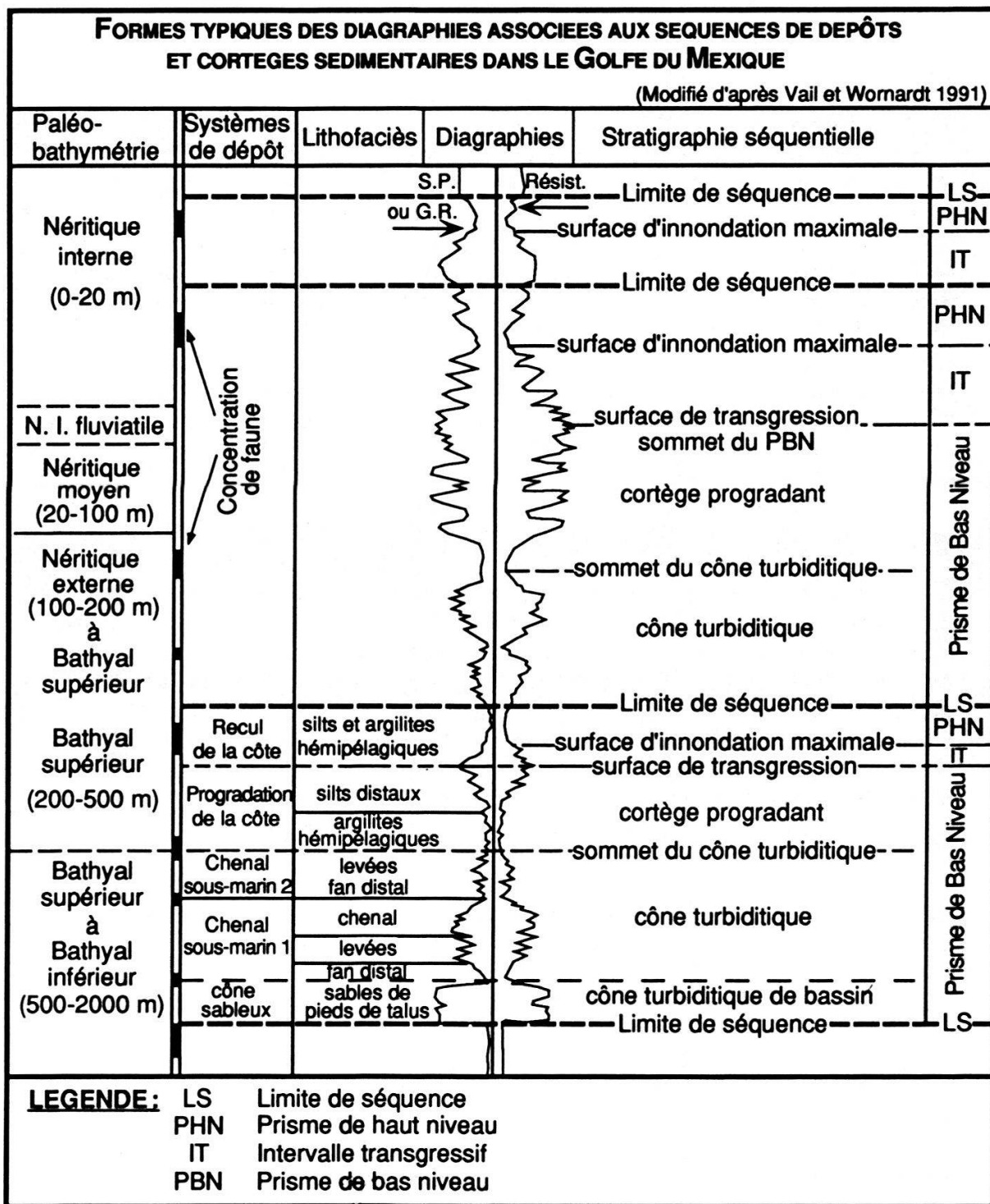


Figure 4.—Représentation synthétique des courbes de diagraphies en arbre de Noël en fonction du milieu de dépôt (zone de plate-forme), comme base d'interprétation de stratigraphie séquentielle en milieu détritique (modifié d'après VAIL 1989).

d'environ 4 à 5 mètres. Une séquence sédimentaire de troisième ordre d'une épaisseur de 100 m (valeur moyenne pour le Plio-Pléistocène du Golfe du Mexique) peut ainsi être représentée sur une vingtaine de cartes successives. Notons que cette méthode ne peut pas être détachée de l'analyse conventionnelle de la stratigraphie séquentielle sur lignes verticales et sur diagraphies,

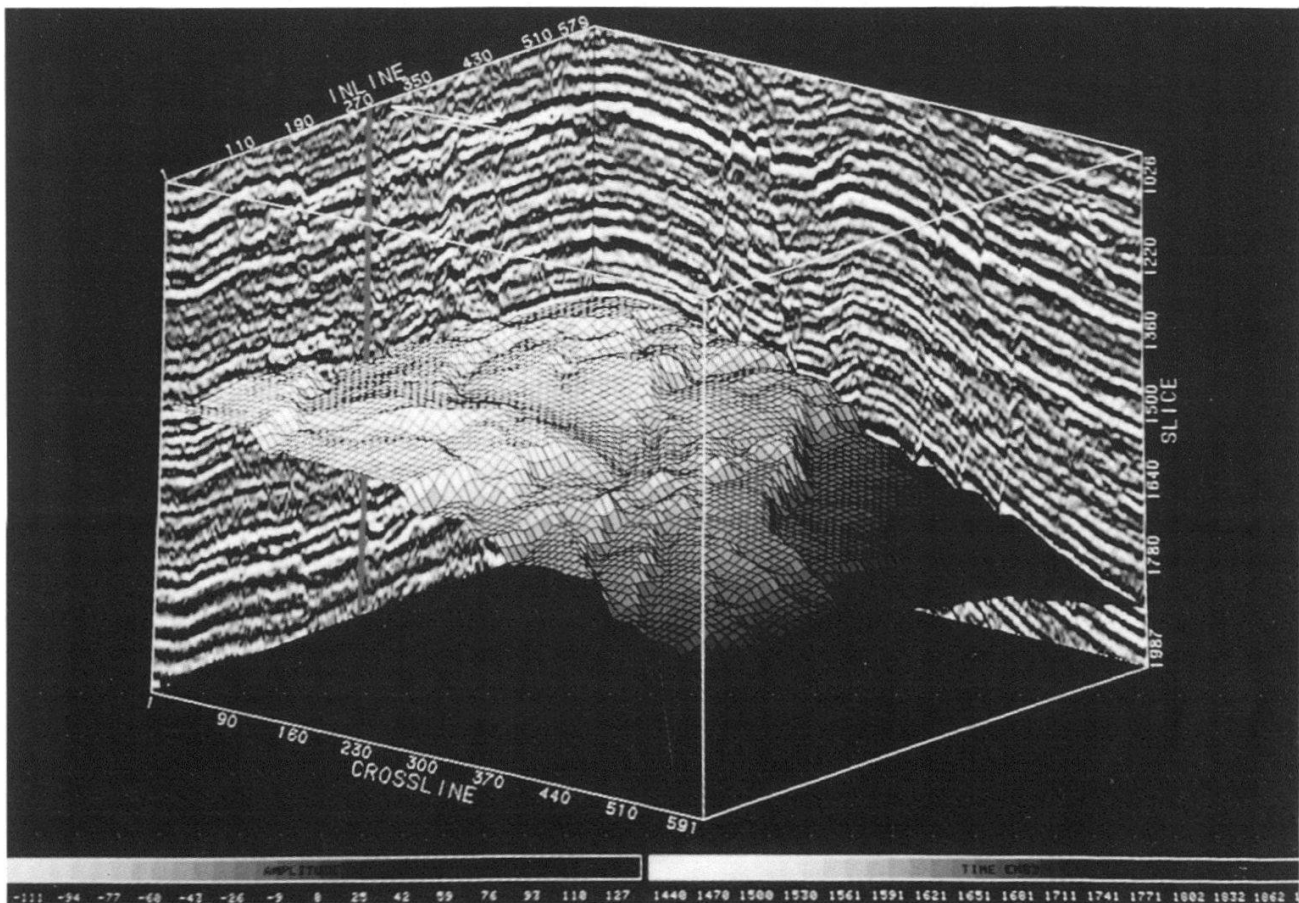


Figure 5.–Vue en perspective d'une surface d'interprétation d'un horizon dans un bloc de données sismiques 3D.

bien qu'il soit possible d'interpréter de telles cartes en termes sédimentaires en l'absence de celles-ci.

3.2. Images horizontales des quatre types de cortèges sédimentaires d'une séquence détritique de troisième ordre (0,5 à 3,0 Ma)

Les cartes d'amplitude obtenues au travers de chaque cortège sédimentaire permettent d'illustrer la succession des faciès sédimentaires qui forment une séquence complète.

Une séquence de troisième ordre est composée d'un:

- cortège de bas niveau (CBN ou Lst)
- cortège ou intervalle transgressif (CT ou IT, ou Tst)
- cortège ou prisme de haut niveau (CHN, PHN ou Hst)
- cortège ou prisme de bordure de plate-forme (CBPF ou Smst)

–cortège de bas niveau (CBN ou Lst)

La base du cortège de bas niveau est une limite de séquence de type 1 (SB1, fig. 7), se marquant sur la plate-forme par une érosion subaérienne (ivf, fig. 7) et la formation de canyons sous-marins en aval de la rupture de pente du talus

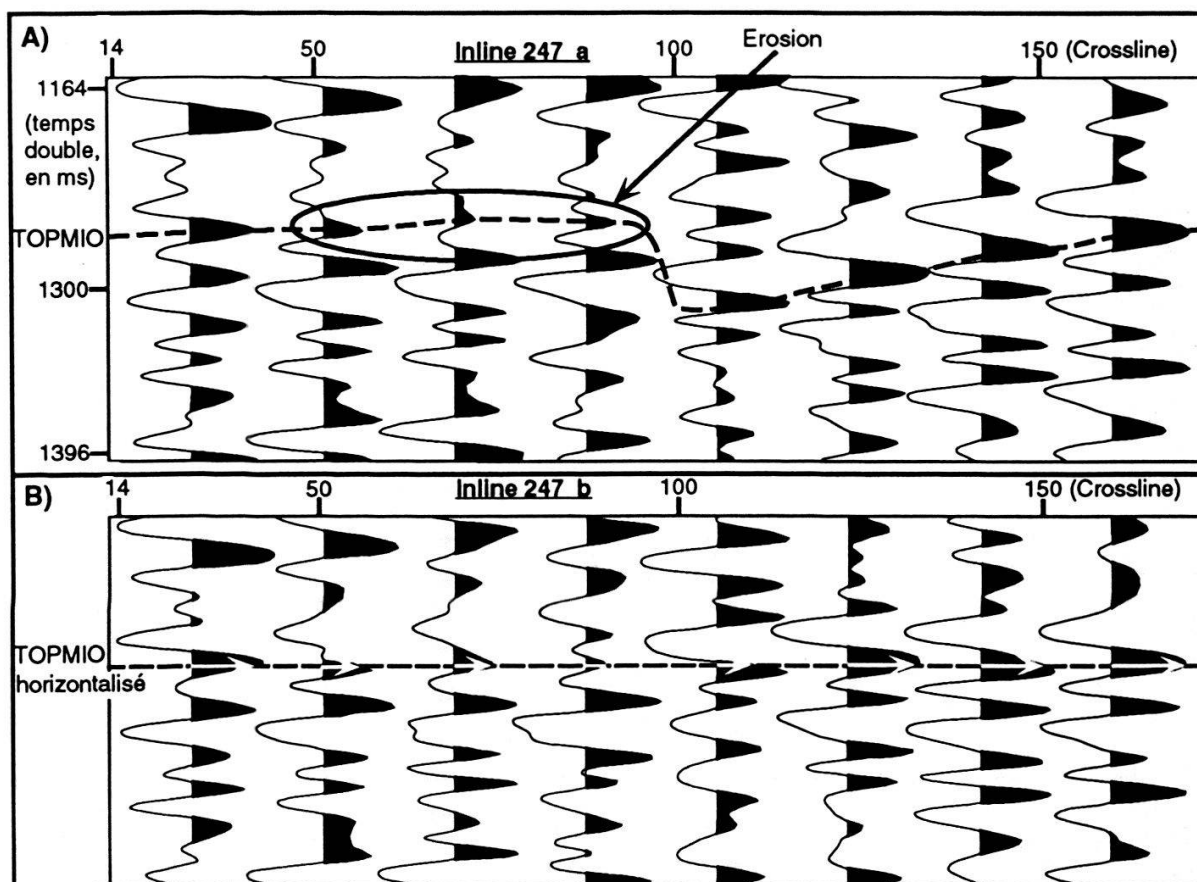


Figure 6.-A) Portion de ligne sismique verticale (en ondelette) montrant l'interprétation d'une demi-loupe positive (en noir, réflecteur «TOPMIO»).

B) Même portion de ligne sismique mise à l'horizontale. Une carte d'amplitude est obtenue par la lecture du vecteur amplitude le long de la ligne d'interprétation. La diminution de l'amplitude au mur de la faille traduit une érosion de la partie surélevée de cette faille synsédimentaire.

continental (bf, fig. 7). La figure 8 illustre dans le plan horizontal cette érosion marquée par des chenaux généralement perpendiculaires à la ligne de côte et à la direction d'affaissement principal des failles synsédimentaires se développant sur la plate-forme. Si une faille est active au moment d'une émergence provoquée par une rapide baisse du niveau marin, l'escarpement de la faille sera entaillé et un fan ou delta proximal se développera sur le compartiment effondré.

La partie supérieure du cortège de bas niveau est un prisme de progradation (LSW, fig.7) comblant l'espace disponible créé par le début de la montée relative du niveau marin. La figure 9 montre l'image obtenue en coupant à l'horizontale au travers des lobes de progradation. Une carte d'amplitude coupant des lobes de progradation superposés va mettre en évidence la direction de sédimentation et le rayon de courbure (extension latérale du lobe), difficile à mettre en évidence sur la base des sections verticales. Il existe une interaction certaine entre la mise en place de ces lobes et les phases d'activité des failles synsédimentaires. Nos observations et les données de sismique de haute résolution de surface obtenue dans le Golfe du Mexique (ANDERSON *et al.* 1990, BARTEK *et al.* 1990, ABDULAH and ANDERSON 1991) montrent que la mise en place et la direction de sédimentation d'un lobe de rivière sur la plate-forme

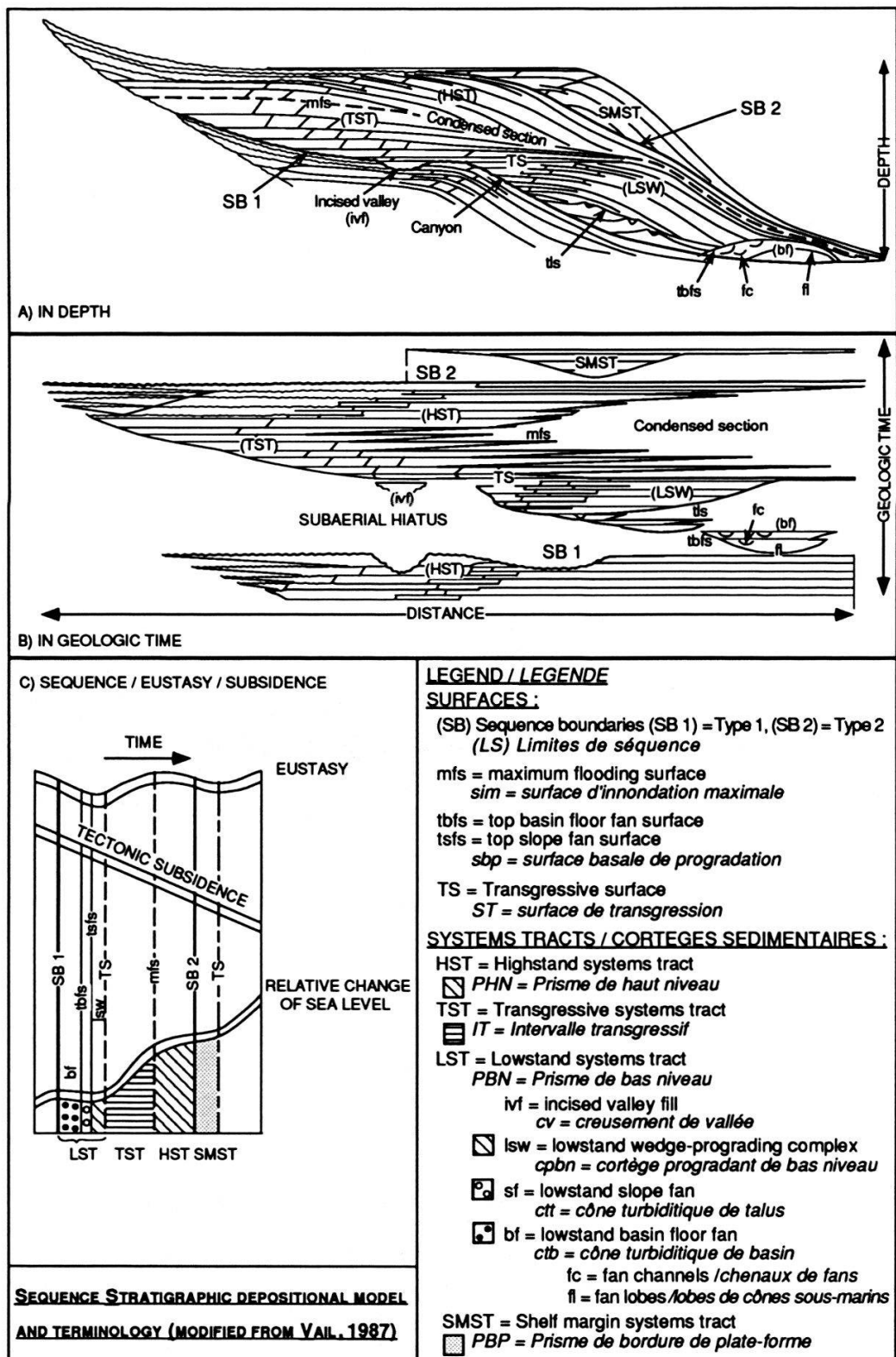


Figure 7.–Modèle théorique de la stratigraphie séquentielle en faciès détritique (adapté de VAIL 1987).

A) Coupe en profondeur-temps.

B) Relations spatio-temporelles des différents cortèges sédimentaires.

C) Agencement des cortèges sédimentaires en fonction de la subsidence tectonique et des variations eustatiques.

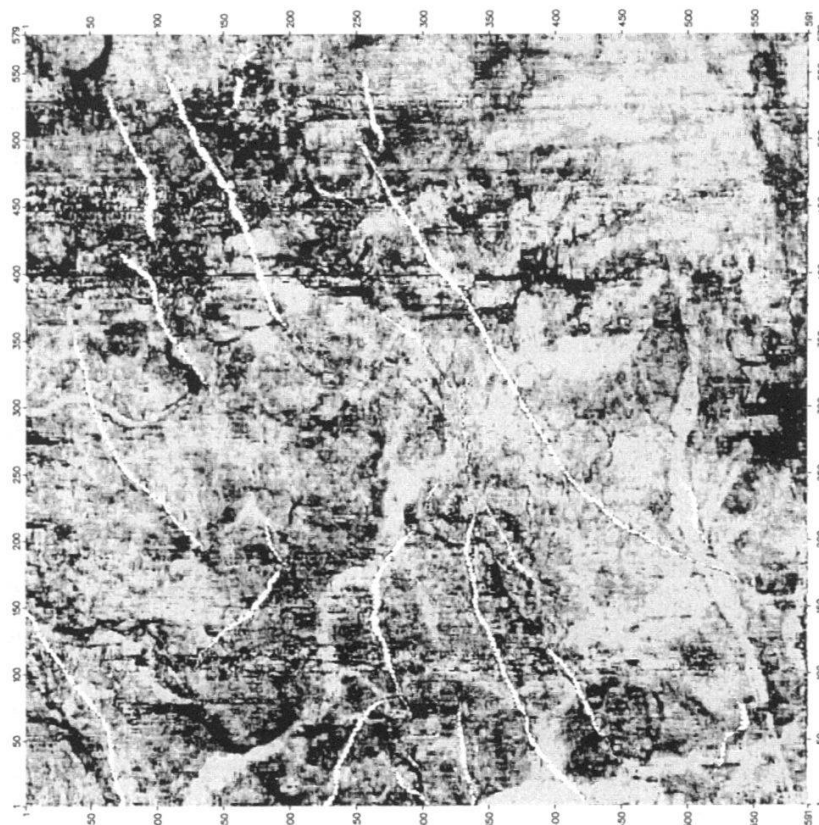
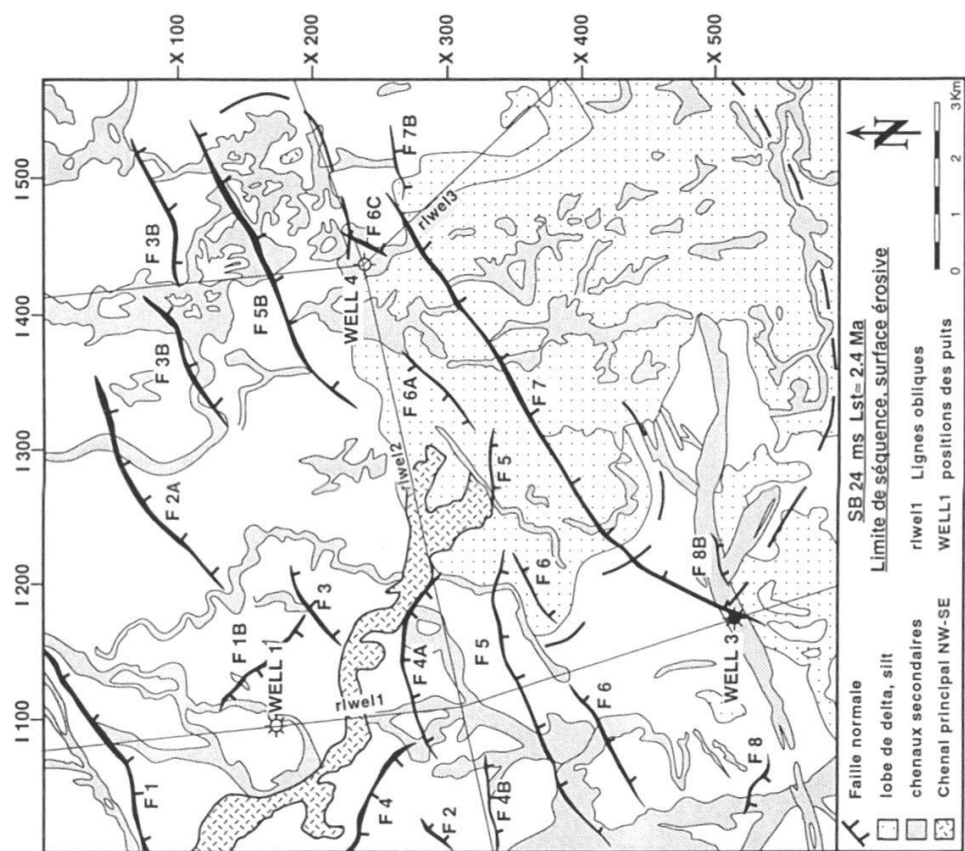


Figure 8.- Carte d'amplitude d'une limite de séquence, surface érosive.

A) Original en noir et blanc.

B) Interprétation des faciès sismiques.

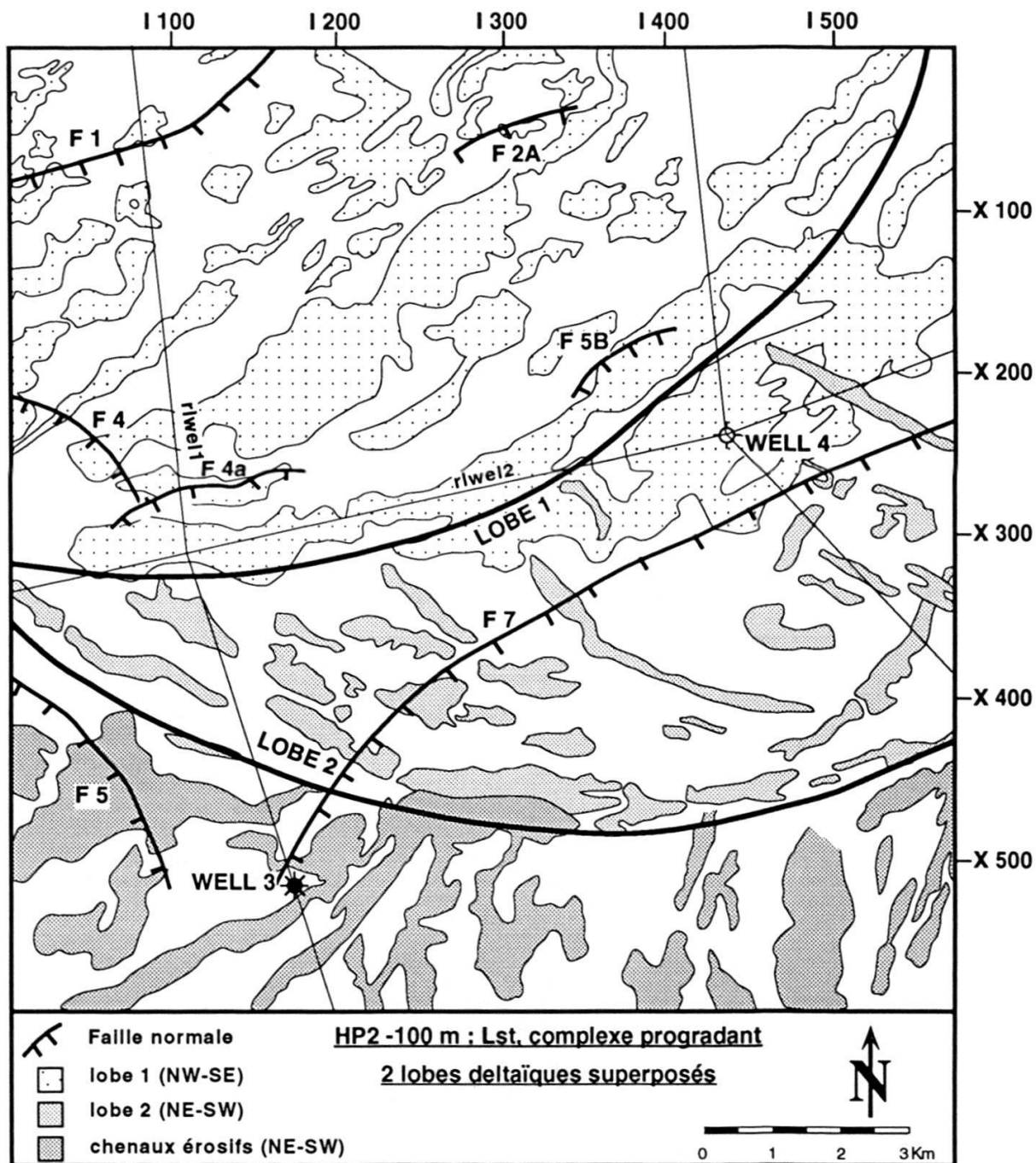


Figure 9.—Interprétation de carte d'amplitude au travers de lobes de progradation comblant la plate-forme à la fin de l'intervalle de bas niveau marin.

sont fortement influencées par la tectonique synsédimentaire locale. La concentration de la sédimentation dans une zone de dépression préexistante accentuera encore la subsidence différentielle entre les parties hautes et basses. Dans un environnement de failles synsédimentaires listriques de faible extension latérale («Louisiana style» défini par WORRAL and SNELSON 1989), un premier front de progradation va déposer une série de lobes de deltas juxtaposés provoquant la mise en place de failles listriques avançant progressivement vers le large, créant ainsi des couloirs de zones déprimées perpendiculaires à la ligne de côte.

Le sommet du cortège de bas niveau (TS, fig.7, ou première surface transgressive) peut se caractériser par la présence de chenaux de marée peu profonds et des dépôts fins d'estuaire scellant la progradation maximale. La figure 10 montre un tel chenal, rempli de sédiments fins et ayant une profondeur variant entre 10 et 15 m (informations de forages et des lignes verticales). Les chenaux de marées ont tendances à être enregistrés dans les zones hautes, entre les couloirs de sédimentation accrue alors que les estuaires et épanchements latéraux ont tendance à se développer dans les dépressions.

—cortège ou intervalle transgressif (CT ou IT, ou Tst)

Il se compose d'une succession de paraséquences grano et strato-décroissantes rétrogradant vers le continent (TST, fig. 7). Sa base est souvent une surface de ravinement qui provoque le recul de la ligne de côte par le remaniement vers le continent des sédiments érodés par l'action des vagues et des courants. Si la plate-forme est tectoniquement active à ce moment-là, les seuils et falaises seront partiellement ou entièrement érodés et resédimentés à leur pieds. La figure 11 est caractéristique des cartes de faciès sismique obtenues pour ce genre de niveau. Elle met en évidence une succession de barres sableuses parallèles à la ligne de côte recoupées par des petites rivières peu profondes et relativement rectilignes (interprétées comme sous-marines). Ces barres ont été recoupées à différents niveaux par plusieurs forages indiquant une lithologie de sables intermédiaires, poreux, grano-décroissants, d'une épaisseur variant entre 10 et 20 m.

—cortège ou prisme de haut niveau (CHN, PHN ou Hst)

Il commence par une série progradante comblant rapidement l'espace disponible au sommet du prisme transgressif, scellant les sédiments fins et homogènes des séries sous-jacentes. Les séries vont en s'épaississant vers le large et sont grano et strato-croissantes sur la plate-forme externe (HST, fig. 7). Ces prismes sigmoïdes allongés produisent des cartes d'amplitude montrant un passage tranché et parallèle à la ligne de côte entre deux faciès sismiques distincts (fig. 12). Ceux-ci peuvent être interprétés comme des «onlaps (ou biseaux) côtiers» ou comme le passage latéral entre deux paraséquences strato-décroissantes superposées. La courbure de ces limites est probablement génétiquement liée à la présence de structures salifères positives dues à la surcharge créée précédemment par le prisme de bas niveau.

—cortège ou prisme de bordure de plate-forme (CBPF ou Smst)

Ce prisme sédimentaire se développe au front de la plate-forme lorsqu'elle est entièrement exondée et que la rupture de pente côtière est confondue avec la rupture de pente continentale (fig. 7). La base de ce cortège sédimentaire est une limite de séquence de type 2 (VAIL 1987) si la baisse du niveau marin est modérée et ne descend pas sous le point de rupture de pente continentale. Dans la zone étudiée, la distance aux points de rupture de pente continentale varient entre 100 et 150 km, ce qui exclut toute chance de pouvoir les mettre en évidence dans le cadre de cette étude. Pourtant nous pensons que leur morphologie en carte horizontale doit montrer des lobes de progradation du type de ceux du prisme progradant de bas niveau marin mais avec moins de changement dans la direction de l'apport sédimentaire.

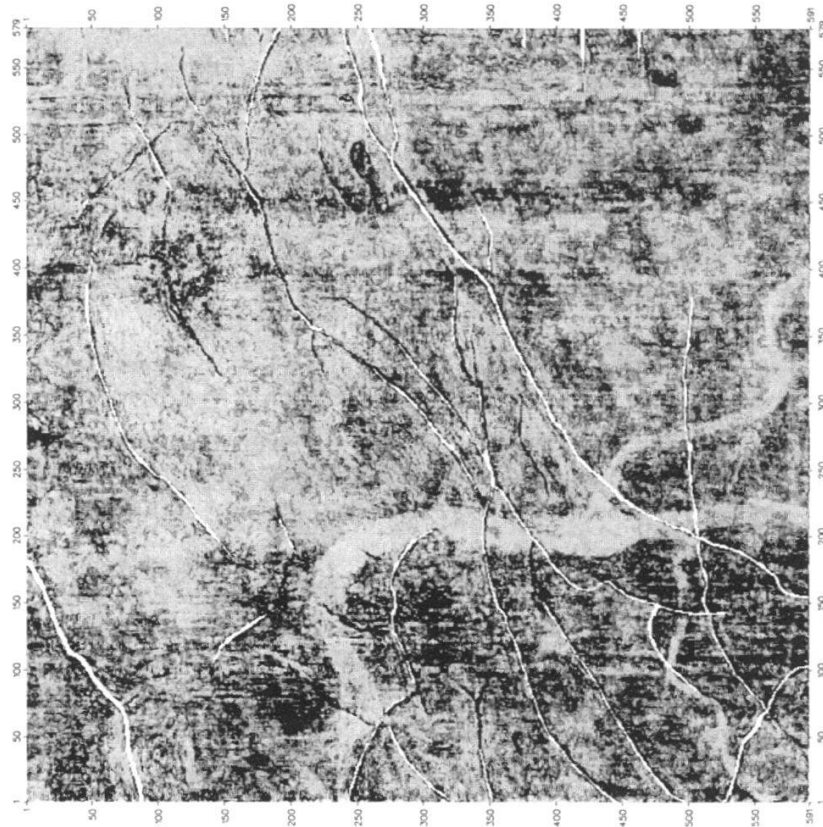
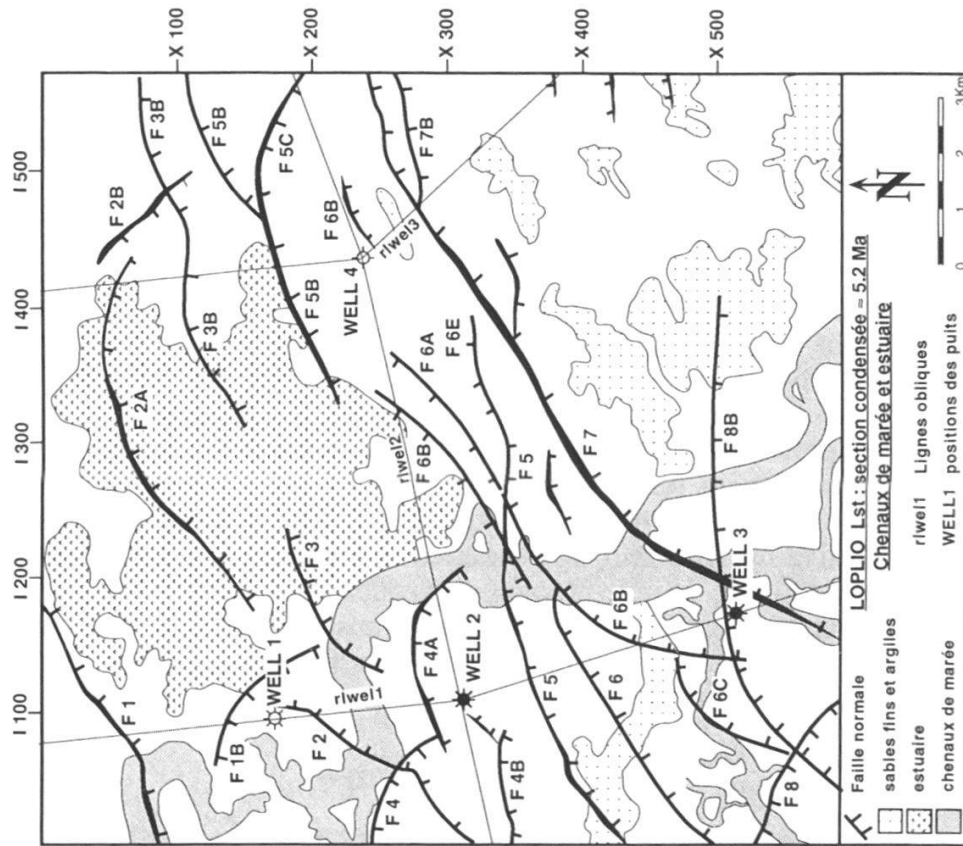


Figure 10.—Carte d'amplitude au niveau d'une section condensée au sommet du cortège de bas niveau marin (chenaux de marée en méandres et estuaires).

- A) Original en noir et blanc.
- B) Interprétation des faciès sismiques.

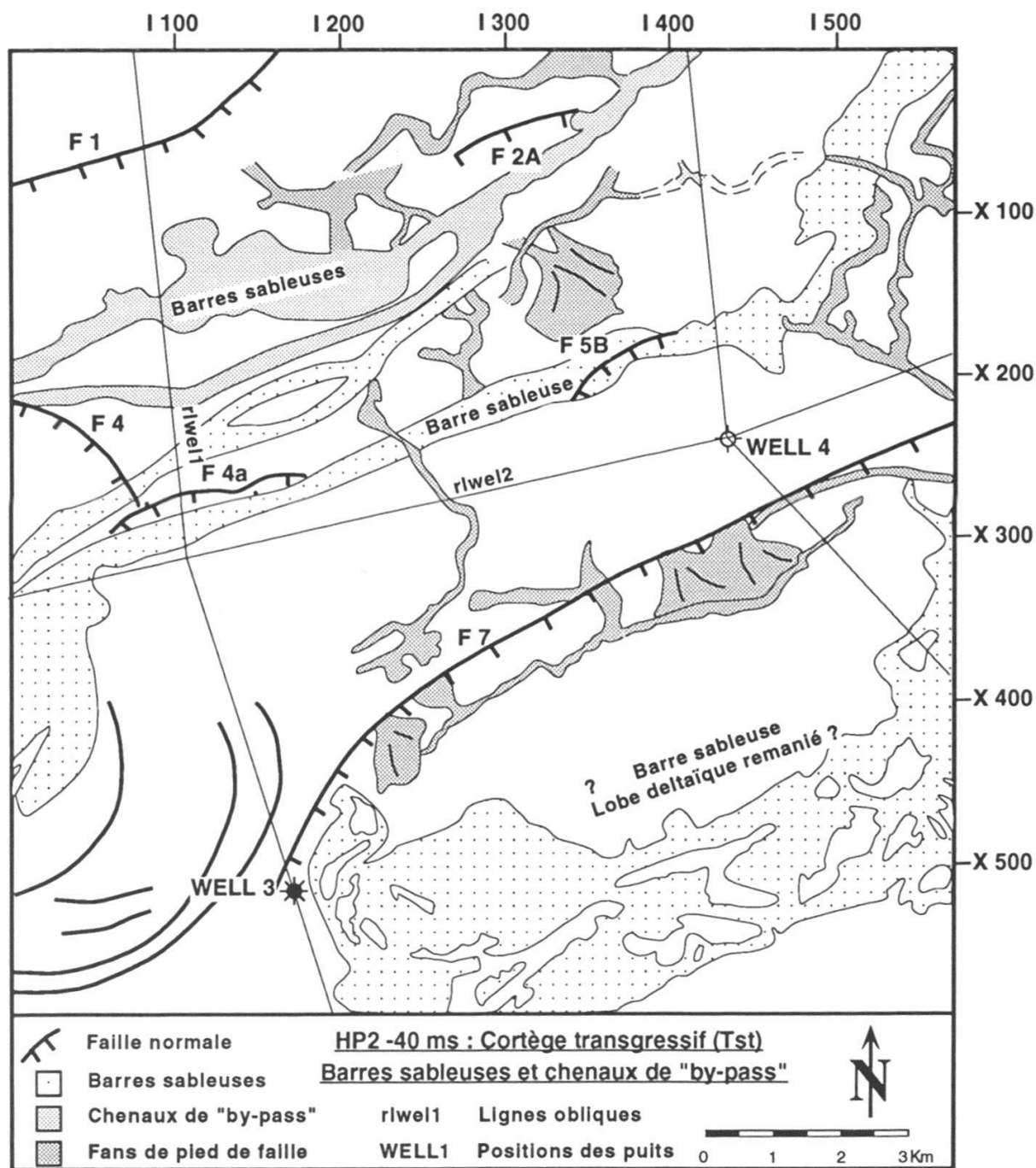


Figure 11.—Interprétation d'une carte d'amplitude au sommet du cortège transgressif. Barres sableuses parallèles à l'actuelle ligne de côte et corps sableux remaniés, recoupés de canyons sous-marins.

4. CONCLUSIONS

L'intégration de la sismique tridimensionnelle aux méthodes préexistantes d'investigation du sous-sol permet d'étendre le champ des études géologiques, sédimentologiques et structurales.

Afin de pouvoir exploiter la haute résolution horizontale sur des surfaces restreintes, il est fondamental de lier les données de sismiques 3D aux informations régionales et lithologiques en suivant les étapes suivantes:

- analyse régionale (sur la base des lignes sismiques régionales 2D).
- interprétation lithologique puis séquentielle des forages à disposition (datations relatives par assemblages de faunes, mise en évidence des limites de séquences).
- corrélations forages / sismique 2D et 3D.
- interprétation fine des surfaces continues à l'échelle du bassin (cartes iso-chrones).

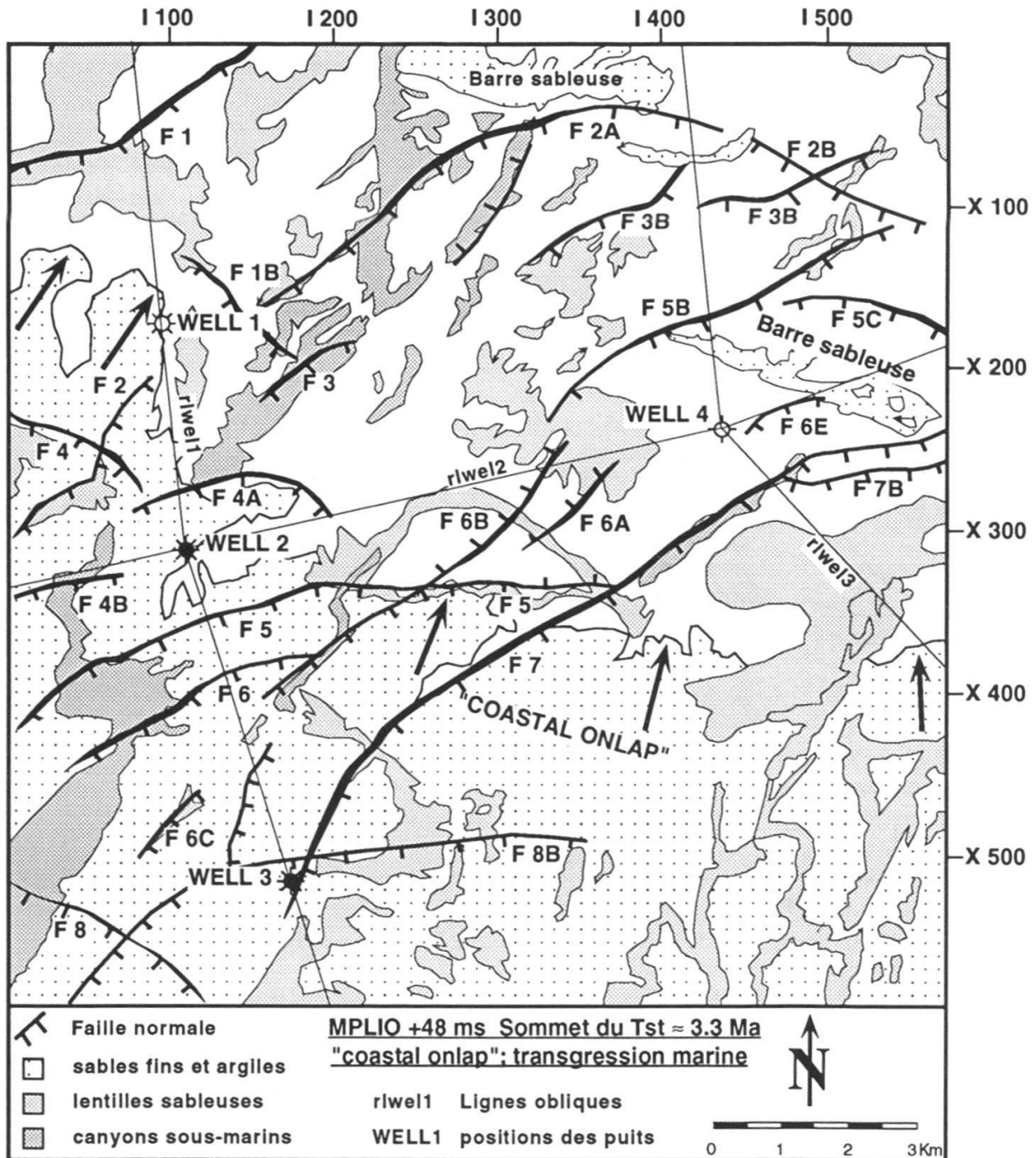


Figure 12.-Interprétation d'une carte d'amplitude au travers d'un prisme de haut niveau. «Onlap côtiers» marqué par une différence latérale de faciès sismique, entaillés par l'érosion de la limite de séquence sus-jacente.

- carte des attributs du signal sismique:
 - isochrones \approx géomorphologie, structure.
 - dip / azimut \approx pendage, micro-fracturation
 - amplitude \approx faciès sismique, lithologie.

D'autres attributs du signal tels que force de réflexion, fréquence instantanée, polarité apparente, etc... permettent de préciser les variations de faciès sismique pouvant mettre en évidence des anomalies de lithologie ou de remplissage de fluides. Ces derniers sont couramment utilisés dans la recherche des hydrocarbures. Des cibles de taille toujours plus réduites ou à géométrie particulière pourront être localisées et exploitées en réduisant le coût d'exploration. Des paléoenvironnements géologiques de plus en plus variés pourront être illustrés et ainsi mieux compris.

Le problème fondamental des conditions d'affleurements restreintes qui limite le géologue est en train de céder du terrain au volume gigantesque d'informations géologiques produit par cette méthode, au moins dans les zones d'intérêt économique.

«Le passé et le présent comme clef du futur, bientôt sur nos écrans !»

REMERCIEMENTS

Nous remercions la Fondation Herbette de l'Université de Lausanne et le Fond National de la Recherche scientifique Suisse (projets n° 2975-088, 20-28943.90, 20-39494.93) pour avoir participé à l'achat de matériel pour la station d'interprétation sismique CHARISMA™ et Geco (Londres) pour avoir mis les données de sismique 3D à notre disposition. Nous tenons aussi à remercier le Professeur A.W. Bally de l'Université de Rice, Houston-Texas, pour nous avoir aidé à obtenir les données de forages et les lignes sismiques régionales.

RÉFÉRENCES

- ABDULAH K.C. and ANDERSON J.B., 1991. Eustatic controls on the evolution of the Pleistocene Brazos-Colorado Deltas, Texas. GCSSEPM Foundation Eleventh Annual Research Conference Program and Abstracts: 1-7.
- ANDERSON J.B., SIRINGAN F.P. and THOMAS M.A., 1990. Sequence stratigraphy of the late Pleistocene-Holocene Trinity/Sabine valley system: relationship to the distribution of sand bodies within the transgressive systems tract. GCSSEPM Foundation Eleventh Annual Research Conference Program and Abstracts: 15-20.
- BARTEK L.R., ANDERSON J.B. and ABDULAH K.C., 1990. The importance of overstepped deltas and «interfluvial» sedimentation in the transgressive systems tract of high sediment yield depositional systems - Brazos-Colorado deltas, Texas. GCSSEPM Foundation Eleventh Annual Research Conference Program and Abstracts: 59-70.
- BERRYHILL H.L.J., 1987. Late Quaternary facies and structure northern Gulf of Mexico. AAPG, Studies in Geology Vol. 23, 289 p.
- DALLEY R.M., GEVERS E.C.A, STAMPFLI G.M., DAVIES D.J., GASTALDI C.N., RUIJENBERG P.R. and VERMEER G.J.O., 1989. Dip and azimuth displays for 3D seismic interpretation. *First Break* 7: 86-95.
- HUMPHRIS C.C. Jr., 1978. Salt movement on continental slope, northern Gulf of Mexico. -In BOUMA A.H. MOORE G.T. and COLEMAN J.M. (Eds.) Framework, facies and oil-trapping characteristics of the upper continental margin. Tulsa, AAPG Studies in Geology Vol. 7: 69-86.

- McGOOCKEY D.P., 1975. Gulf coast Cenozoic sediments and structure; an excellent example of extra-continental sedimentation. *Gulf Coast Association of Geological Societies Trans.* XXV: 104-120.
- MITCHUM R.M., VAIL P.R. and THOMPSON S., 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 2: the depositional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis. –In PAYTON C.E. (Ed.), *Seismic stratigraphy-application to hydrocarbon exploration*. Tulsa, AAPG: 53-62.
- MURRAY G.E. and RAHMAN A.-U., 1985. Introduction to the Habitat of Petroleum, Northern Gulf (of Mexico) coastal province. –In GCSSEPM Foundation fourth annual research conference: 1-24.
- REYMOND B. and STAMPFLI G.M., 1994. Sequence stratigraphic interpretation of 3D seismic data offshore Louisiana –a case study. *First Break* (in press).
- SAXENA R.S., 1990. Model for reworked deltaic sands-exemples from south Lake Arthur, Bayou Gentily and Bayou Leary Field. *Gulf Coast Assoc. Geol. Socs., Trans.* XL: 757-768.
- STAMPFLI G.M. and HÖCKER C.F.W., 1989. Messinian palaeorelief from 3-D seismic survey in the Tarraco concession area (Spanish Mediterranean Sea). *Geologie in Mijnbouw* 68: 201-210.
- VAIL P.R., 1987. Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy. –In BALLY A.W. (Ed.), *Atlas of seismic stratigraphy, part 1. AAPG Studies in geology, N° 27*: 1-10.
- VAIL P.R., MITCHUM R.M. and Thompson S., 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, seismic stratigraphy, part 3: Relative changes of sea level from coastal onlap. Tulsa: AAPG.
- VAIL P.R. and WORNARDT W.Jr., 1991. An integrated approach to exploration and development in the 90s: well log-seismic sequence stratigraphy analysis. *Gulf Coast Association of Geological Societies Trans.* XLI: 630-650.
- WORRAL D.M. and SNELSON S., 1989. Evolution of the northern Gulf of Mexico, with emphasis on Cenozoic growth faulting and the role of salt. –In. BALLY A.W and PALMER A.R (Eds.). *The Geology of North America*. GSA, Washington: 97-138.
- WU S., VAIL P.R. and CRAMEZ C., 1990. Allochthonous salt, structure and stratigraphy of the north-eastern Gulf of Mexico. Part I. *Stratigraphy. Marine and Petroleum geology. Vol.7/4*: 318-333.

Manuscrit reçu le 14 mars 1994